

Level measurement arrangement - contains vibrating rods on membrane coupling them to piezoelectric stimulation-detection arrangement

Publication number: DE4201360 (A1)

Publication date: 1993-07-22

Inventor(s): HAUG ANDREAS DIPL ING [DE]; SCHROPP PETER [DE]

Applicant(s): UWT APPARATE GMBH [DE]

Classification:

- international: B06B1/06; G01F23/296; G10K13/00; B06B1/06; G01F23/296; G10K13/00; (IPC1-7): B06B1/06; B65D90/48; G01F23/28

- European: B06B1/06C2; G01F23/296H2; G10K13/00

Application number: DE19924201360 19920120

Priority number(s): DE19924201360 19920120

Also published as:

DE4201360 (C2)

Cited documents:

DE3931453 (C1)

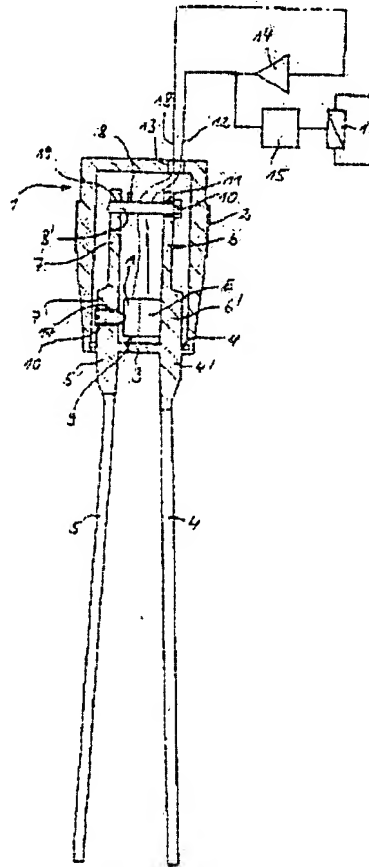
DE3348119 (C2)

DE3336991 (C2)

DE3808481 (A1)

Abstract of DE 4201360 (A1)

The level measurement arrangement contains at least two vibrating rods (4,5) in a container and mounted apart on a membrane (3), a stimulation transducer (E) and a detection transducer (A) arranged in a stack (9). The stimulation transducer contains a piezoelectric element stimulated by an a.c. voltage and the detection transducer contains a piezoelectric element which produces an electrical output signal corresp. to the level. The stack is mounted between rod extensions (6,7) on the other side of the membrane so that vibrations are directly transferred from the stack to the extensions and vice-versa. ADVANTAGE - Effective mechanical coupling between the stimulation/detection arrangement and the vibrating rods is achieved with a relatively simple arrangement.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

22 Offenlegungsschrift
DE 42 01 360 A 1

51 Int. Cl.⁵:
G 01 F 23/28
B 65 D 90/48
B 06 B 1/06

21 Aktenzeichen: P 42 01 360.7
22 Anmeldetag: 20. 1. 92
43 Offenlegungstag: 22. 7. 93

DE 42 01 360 A 1

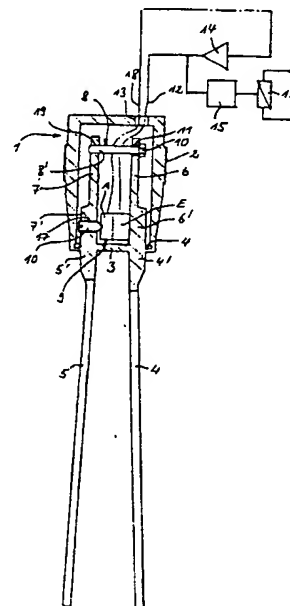
71 Anmelder:
UWT Apparate GmbH, 8961 Betzigau, DE
74 Vertreter:
von Puttkamer, N., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000
München

72 Erfinder:
Haug, Andreas, Dipl.-Ing. (FH), 8941 Wohringen, DE;
Schropp, Peter, 8960 Kempten, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Einrichtung zur Füllstandsmessung

57 Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Füllstandsmessung mit wenigstens zwei in einen Behälter ragenden Schwingstäben (4, 5), die im Abstand voneinander an einer Seite einer Membran (3) befestigt sind, und einem Erregungswandler (E) und einem Abnahmewandler (A), die in einem Stapel (9) angeordnet sind, wobei der Erregungswandler (E) wenigstens ein piezoelektrisches Element (95, 97), das durch eine Wechsellspannung zur Erregung der Schwingstäbe (4, 5) anregbar ist, und der Abnahmewandler (A) wenigstens ein piezoelektrisches Element (92) zur Erzeugung eines elektrischen Ausgangssignals für die Füllstandsmessung aufweisen. Der Stapel (9) ist zwischen Verlängerungen (6, 7) der Schwingstäbe (4, 5) an der anderen Seite der Membran (3) eingespannt, so daß Schwingungen vom Stapel (9) direkt auf die Verlängerungen (6, 7) bzw. Schwingstäbe (4, 5) und umgekehrt von den Verlängerungen (6, 7) bzw. Schwingstäben (4, 5) direkt auf den Stapel (9) übertragen werden.



DE 42 01 360 A 1

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Füllstandsmessung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Aus der DE-PS 33 36 991 geht eine Vorrichtung zur Feststellung und/oder Überwachung eines vorgegebenen Füllstandes in einem Behälter hervor, bei dem zwei in den Behälter ragende Schwingstäbe im Abstand voneinander an einer am Rand eingespannten Membran befestigt sind. Die Schwingstäbe werden durch eine Erregungsanordnung in gegensinnige Schwingungen quer zu ihrer Längsrichtung versetzt, wobei die Erregungsanordnung wenigstens einen durch eine Wechselspannung erregbaren Erregungswandler mit einem piezoelektrischen Element enthält. Es ist ferner ein Empfangswandler mit wenigstens einem piezoelektrischen Element vorgesehen, der die Schwingungen des mechanischen Schwingungsgebildes in ein elektrisches Ausgangssignal umwandelt, das einer Auswerteschaltung zugeführt wird. Die Auswerteschaltung löst in Abhängigkeit vom Ausgangssignal des Empfangswandlers Anzeige- und/oder Schaltvorgänge aus. Die piezoelektrischen Elemente des Erregungswandlers und des Empfangswandlers sind zwischen der den Schwingstäben abgewandten Seite der Membran und einer im Abstand von der Membran gehaltenen Brücke in einem Stapel angeordnet, wobei die Brücke jeweils an einem Ende eine starr mit einem Schwingstab verbundene stabförmige Stütze aufweist. Die Stützen halten die Brücke im Abstand von der Membran. Der aus den piezoelektrischen Elementen des Erregungswandlers des Empfangswandlers bestehende Stapel ist unter Vorspannung der Membran zwischen der Brücke und dem zwischen den Schwingstäben liegenden Teil der Membran eingespannt.

Ein Problem besteht bei der bekannten Vorrichtung darin, daß die Schwingungsübertragung vom Stapel auf die Schwingstäbe sowie die Schwingungsübertragung von den Schwingstäben auf den Stapel über die elastische Membran erfolgt. Dies bedeutet, daß weder die Übertragung von Schwingungsenergie auf die piezoelektrischen Elemente des Stapels noch die Übertragungswirkung der Amplitude der piezoelektrischen Elemente auf die Schwingungsstäbe optimal sind. Ein Nachteil der bekannten Vorrichtung besteht auch darin, daß ihr Aufbau infolge der speziell ausgebildeten Brücke relativ kompliziert ist.

Aus der DE-PS 39 31 453 geht eine weitere Vorrichtung zur Füllstandsmessung hervor, bei der die Anregung der Schwingstäbe ähnlich wie bei der DE-PS 33 36 991 erfolgt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Einrichtung zur Füllstandsmessung zu schaffen, bei der relativ viel Schwingungsenergie von den Schwingstäben auf die piezoelektrischen Elemente des Stapels übertragen wird und bei der die Übertragungswirkung der Amplitude der Schwingung des Erregungswandlers des Stapels auf die Schwingung der Schwingstäbe optimal ist, wobei die mechanische Ankoppelung des Stapels an die Schwingstäbe mit relativ einfachen Mitteln erfolgen kann.

Diese Aufgabe wird durch eine Einrichtung zur Füllstandsmessung der eingangs genannten Art gelöst, die durch die in dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angegebenen Merkmale gekennzeichnet ist.

Der wesentliche Vorteil der vorliegenden Einrichtung zur Füllstandsmessung besteht darin, daß eine direkte

mechanische Kopplung zwischen den Schwingstäben und dem die piezoelektrischen Elemente aufweisenden Stapel unter Verwendung einfacher herkömmlicher mechanischer Teile möglich ist. Durch die direkte Ankoppelung des Stapels an die Schwingstäbe ohne Zwischenschaltung einer elastischen Membran wird vorteilhafterweise erreicht, daß relativ viel Schwingungsenergie von den Schwingstäben auf den Stapel übertragen wird und daß eine gute Übertragungswirkung der Amplitude der piezoelektrischen Elemente des Stapels auf die Schwingstäbe gegeben ist.

Vorteilhafterweise hält die erfindungsgemäße Einrichtung auch sehr starken, äußeren mechanischen Beanspruchungen stand, ohne daß eine Einbuße an der Funktionsfähigkeit zu verzeichnen ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus Unteransprüchen hervor.

Im folgenden werden die Erfindung und deren Ausgestaltung im Zusammenhang mit den Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch die vorliegende Einrichtung zur Füllstandsmessung;

Fig. 2 eine bevorzugte Ausführungsform des Stapels mit dem Abnahme- und Erregungswandler und

Fig. 3 eine bevorzugte Ausgestaltung einer Druckscheibe des Stapels und einer auf sie einwirkenden Stellschraube.

Gemäß Fig. 1 weist die vorliegende Einrichtung zur Füllstandsmessung ein vorzugsweise zylinderröhriges Gehäuse 1 auf, das an seinem Außenumfang ein Einschraubgewinde 2 besitzt, mit dessen Hilfe die Einrichtung in der Wand eines Behälters (nicht dargestellt) befestigbar ist, dessen Füllstand überwacht werden soll. Dabei wird das Einschraubgewinde 2 zweckmäßigerweise in das Innengewinde einer Öffnung des Behälters eingeschraubt.

An einer Seite weist das hohle Gehäuse 1 eine Membran 3 auf, an der voneinander beabstandet an der dem Gehäuse 1 abgewandten Seite zwei Schwingstäbe 4, 5 befestigt sind. Die Membran 3 weist zwischen dem Gehäuse 1 und den Schwingstäben 4, 5 vorzugsweise eine die Schwingstäbe 4, 5 ringförmig umgebende Nut 4 auf, die dazu führt, daß die Membran 3 in diesem Bereich eine kleinere Dicke aufweist als im Bereich zwischen den Schwingstäben 4 und 5. Dadurch wird erreicht, daß von der Membran 3 möglichst wenig Schwingungsenergie auf das Gehäuse 1 übertragen wird. Beispielsweise beträgt die Dicke der Nut 4 etwa ein Viertel der Dicke der Membran 3 im Bereich zwischen den Schwingstäben 4 und 5.

Die Schwingstäbe 4 und 5 weisen an der der Membran 3 abgewandten Seite in das Gehäuse 1 hineinverlaufende Verlängerungen 6 und 7 auf, deren freie Enden im Gehäuse 1 durch eine Spannvorrichtung 8 starr miteinander verbunden sind. Beispielsweise handelt es sich bei dieser Spannvorrichtung 8 um eine Schraube 8', deren Schaft durch eine Bohrung 11 des Endbereiches der einen Verlängerung 6 verläuft, wobei der Schraubenkopf 10 außen an der Verlängerung 6 anliegt, und deren freies Ende in einer mit einem Innengewinde versehenen Bohrung 19 der anderen Verlängerung 7 verschraubt ist, oder durch eine entsprechende Bohrung geführt und durch eine Mutter gesichert ist. Vorzugsweise werden die freien Enden der Verlängerungen 6 und 7 durch die Spannvorrichtung 8 aufeinanderzugespannt, um den für die Funktion der Einrichtung zur Füllstandsmessung erforderlichen hohen Vorspanndruck auf den die piezoelektrischen Elemente aufwei-

senden Stapel 9 sicherzustellen. Durch den rauen Einsatz der vorliegenden Einrichtungen in einem Silo können sehr starke Kräfte durch das Füllgut auf die Schwingstäbe 4, 5 einwirken. Durch die Hebelwirkung der Schwingstäbe 4, 5 auf die Membran 3 wird diese sehr stark belastet, was zu einer plastischen Verformung der Membran 3 und somit zu einem Rückgang des Einspanndruckes auf den Stapel 9 führen kann. Durch die Spannvorrichtung 8 ist bei extremer Belastung der Schwingstäbe 4, 5 eine gleichbleibende Vorspannung auf den Stapel 9 gewährleistet. Die vorliegende Einrichtung ist somit auch für sehr hohe mechanische Beanspruchungen geeignet.

Vorzugsweise ist der Abstand zwischen den Verlängerungen 6, 7 im Bereich der Spannvorrichtung 8 kleiner als im Bereich der Membran 3.

Besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung, bei der die Dicke der Schwingstäbe 4 und 5 und der Verlängerungen 6 und 7 im Bereich der Membran 3 vergrößert ist, wobei diese dickeren Bereiche 4', 5', 6', 7' der Schwingstäbe 4 und 5 sowie der Verlängerungen 6 und 7 vorzugsweise etwa dieselben Dicken aufweisen. Durch diese Maßnahme wird ein größerer Anpreßdruck auf den Stapel 9 ermöglicht. Insbesondere wird durch diese Maßnahme die Steifigkeit der Schwingstäbe 4, 5 in den Bereichen 4', 5', 6', 7' kleiner Auslenkungen, wo bevorzugt die Ankoppelung der piezoelektrischen Elemente bzw. des Stapels 9 an die Schwingstäbe 4, 5 bzw. die Verlängerungen 6, 7 erfolgt, vergrößert. Es wird durch diese Maßnahme eine Verbiegung der Schwingstäbe 4, 5 bzw. der Verlängerungen 6, 7 in den Bereichen 4', 5', 6', 7' verhindert, so daß die Kopplung des Stapels 9 auf die Schwingstäbe 4, 5 optimiert wird. Besonders bevorzugt bestehen die Membran 3, die dickeren Bereiche 4', 5' der Schwingstäbe 4, 5 sowie die dickeren Bereiche 6', 7' der Verlängerung 6, 7 aus einem einzigen Materialteil, vorzugsweise aus V2A-Stahl, wobei die vorzugsweise ebenfalls aus V2A-Stahl bestehenden Schwingstäbe 4, 5 an die verdickten Bereiche 4', 5' und die Verlängerungen 6, 7 an die verdickten Bereiche 6', 7' angeschweißt sind. Die Wandung des vorzugsweise ebenfalls aus V2A-Stahl bestehenden Gehäuses 1 ist zweckmäßigerweise an dem Außenumfang der Membran 3 verschweißt.

Zwischen den Verlängerungen 6, 7, insbesondere zwischen den verdickten Bereichen 6', 7' der Verlängerungen 6, 7 befindet sich der die piezoelektrischen Elemente des Erregungswandlers E und des Abnahmewandlers A aufweisende Stapel 9. Eine Ausführungsform derselben wird später näher erläutert. Der Stapel 9 wird durch eine gegen ihn drückende Einstellschraube 10 zwischen den Bereichen 6', 7' unter Druck und in der richtigen Lage gehalten. Dabei ist die Einstellschraube 10 im Innengewinde einer Bohrung 17 der einen Verlängerung 7 bzw. des einen dickeren Bereiches 7' gehalten. Die Breite der Bereiche 6', 7' bzw. der Verlängerungen in der Richtung senkrecht zur Schwingungsebene der Schwingstäbe 4, 5 ist so beschaffen, daß eine ausreichend große Auflagefläche für den Stapel 9 gebildet ist.

Durch die wie oben beschriebene Anordnung des Stapels 9 zwischen den Verlängerungen 6, 7 bzw. zwischen deren Bereichen 6', 7' wird erreicht, daß der Stapel 9 direkt an die Schwingstäbe 4, 5 bzw. deren Verlängerungen 6, 7 angekoppelt ist. Anders ausgedrückt erfolgt die Übertragung von Schwingungsenergie von den Verlängerungen 6, 7 bzw. den Schwingstäben 4, 5 direkt in den Stapel 9 und umgekehrt, wobei die Schwingungen des Erregungswandlers E sowie des Abnahmewandlers A stets senkrecht zur Längsachse der Schwingstäbe 4, 5

verlaufen.

Der Stapel 9 besteht vorzugsweise gemäß Fig. 2 im wesentlichen in der folgenden Reihenfolge aus einer Andruckscheibe 91, gegen die die Einstellschraube 10 drückt, einer ersten Elektrode 93, einem ersten piezoelektrischen Element 92, das zwischen der ersten Elektrode 93 und einer zweiten Elektrode 94 angeordnet ist, einem zweiten piezoelektrischen Element 95, das zwischen der zweiten Elektrode 94 und einer dritten Elektrode 96 angeordnet ist, und einem dritten piezoelektrischen Element 97, das zwischen der dritten Elektrode 96 und einer vierten Elektrode 98 angeordnet ist. Vorzugsweise bestehen die piezoelektrischen Elemente 92, 95 und 97 aus scheiben- oder ringförmigen piezoelektrischen Materialien. Die Elektroden weisen vorzugsweise die Form von Kupferscheiben auf. Die Elektrode 98 ist, wie auch die Elektrode 94 mit Masse verbunden. Die Elektrode 96 ist mit der elektrischen Leitung 12 verbunden, während die Elektrode 93 mit der elektrischen Leitung 18 verbunden ist. Die Elektrode 93, das piezoelektrische Element 92 und die Elektrode 94 bilden den Abnahmewandler A, während die beiden piezoelektrischen Elemente 95 und 97 zusammen mit den Elektroden 94, 96 und 98 den Erregungswandler E bilden. Zwischen der vorzugsweise aus Stahl bestehenden Andruckscheibe 91 und der Elektrode 92 befindet sich eine Isolierung, die vorzugsweise die Form einer Scheibe 90 aus einem isolierenden Material aufweist.

In der aus der Fig. 1 ersichtlichen Weise sind die Leitungen 18 und 12 durch eine Bohrung 13 in der der Membran 3 abgewandten Stirnwand des Gehäuses 1 geführt. Die Leitung 18 ist mit dem Eingang eines Verstärkers 14 verbunden, dessen Ausgang mit der Leitung 12 in Verbindung steht. Mit dem Ausgang des Verstärkers 14 ist ferner eine Schwellwertschaltung 15 verbunden, deren Ausgang mit einem Relaischalter 16 oder dergleichen verbunden ist, an dem ein den Füllstand betreffendes Signal zur Erregung einer nicht dargestellten Anzeige- oder Alarmanrichtung erzeugbar ist. Die Schwellwertschaltung 15 und der Relaischalter 16 bilden eine Auswerteschaltung.

Die bislang beschriebene Einrichtung zur Füllstandsmessung funktioniert in der folgenden Weise. Da der Verstärker 14 einen hohen Verstärkungsfaktor besitzt, fangen die Schwingstäbe 4 und 5 bei der Inbetriebnahme der Einrichtung zu schwingen an. Genauer gesagt wird durch ein Rauschen über den Abnahmewandler 92, 93, 94 und die Leitung 18 ein Signal erzeugt, das durch den Verstärker 14 zur Erregung des Erregungswandlers 94 bis 98 verstärkt wird. Die Schwingungen des Erregungswandlers 94 und 98 werden direkt an die Schwingstäbe 4, 5 übertragen, wobei der Abnahmewandler 92, 93, 94 eine der Schwingung der Schwingstäbe 4, 5 proportionale Spannung erzeugt. Das System schwingt sich ein, bis die Schwingstäbe 4 und 5 mit der Resonanzfrequenz, die z. B. etwa bei 90 Hz liegt, schwingen. Die Schwingstäbe 4, 5 schwingen gegensinnig und quer zu ihren Längsachsen. Wenn die Schwingstäbe 4, 5 durch ein in den Behälter eingebrachtes Füllgut am Schwingen der Resonanzfrequenz gehindert bzw. gedämpft werden, erzeugt der Abnahmewandler ein der Frequenzänderung und/oder der Amplitudenänderung der Schwingstäbe 4, 5 proportionales Signal, das durch den Verstärker 14 verstärkt wird und die Schwellwertschaltung 15 zum Ansprechen bringt. Diese betätigt dann zur Erzeugung eines Anzeige- und Schaltvorganges das Relais 16.

Um ein besonders einfaches und sicheres Festspan-

nen und die Justierung des Stapels 9 durch die Einstellschraube 10 zwischen den Verlängerungen 6, 7 der Schwingstäbe 4, 5 zu bewirken, weist die Andruckscheibe 91 gemäß Fig. 3 vorzugsweise eine mittige Absenkung 20 von vorzugsweise 90° auf, in die die entsprechend ausgebildete Einstellschraube eingreift. Dadurch wird erreicht, daß die Andruckscheibe und die mit ihr verbundenen Elemente des Stapels 9 beim Drehen der Einstellschraube 10 automatisch in die richtige Lage gelangen, in der Schwingungen vom und zum Stapel 9 senkrecht zu den Längsachsen der Schwingstäbe 4 übertragen werden. Durch Betätigen der Einstellschraube 10 kann der Einstelldruck, mit dem der Stapel 9 gegen die Verlängerung 6 gedrückt wird, zur Bestimmung des Wirkungsgrades der Schwingungsübertragung zwischen dem Stapel 9 und den Schwingstäben 4, 5 beliebig eingestellt werden.

Die Verbindung zwischen den Elektroden 98 und 94 und Masse erfolgt vorzugsweise durch eine der Einfachheit halber nicht dargestellte Verbindungsleitung, die auch gleichzeitig als Abschirmung für das Signal an der Leitung 18 dienen kann. Um ein besonders einfaches Einsetzen des Stapels 9 zu ermöglichen, können die Elemente desselben miteinander verbunden, vorzugsweise verklebt sein. In an sich bekannter Weise können die Schwingstäbe mit sogenannten Paddeln (nicht dargestellt) versehen sein und an ihren Seiten senkrecht zur Schwingungsebene Abschrägungen besitzen.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Füllstandsmessung mit wenigstens zwei in einen Behälter ragenden Schwingstäben (4, 5), die im Abstand voneinander an einer Seite einer Membran (3) befestigt sind, und einem Erregungswandler (E) und einem Abnahmewandler (A), die in einem Stapel (9) angeordnet sind, wobei der Erregungswandler (E) wenigstens ein piezoelektrisches Element (95, 97), das durch eine Wechselspannung zur Erregung der Schwingstäbe (4, 5) anregbar ist, und der Abnahmewandler (A) wenigstens ein piezoelektrisches Element (92) zur Erzeugung eines elektrischen Ausgangssignales für die Füllstandsmessung aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß der Stapel (9) zwischen Verlängerungen (6, 7) der Schwingstäbe (4, 5) an der anderen Seite der Membran (3) eingespannt ist, so daß Schwingungen vom Stapel (9) direkt auf die Verlängerungen (6, 7) bzw. Schwingstäbe (4, 5) und umgekehrt von den Verlängerungen (6, 7) bzw. Schwingstäben (4, 5) direkt auf den Stapel (9) übertragen werden.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verlängerungen (6, 7) an ihren der Membran (3) abgewandten Endbereichen durch eine Spanneinrichtung (8) fest miteinander verbunden sind.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Spanneinrichtung die Form eines Bolzens (8') aufweist, der die Endbereiche derart spannt, daß ihr Abstand voneinander kleiner ist als der Abstand der Verlängerungen im Bereich der Membran (3) voneinander.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schaft des Bolzens (8') durch eine Bohrung (11) des Endbereiches einer Verlängerung (6) geführt ist, so daß der Bolzenkopf (10) an der der anderen Verlängerung (7) abgewandten Seite an

der einen Verlängerung (6) anliegt und daß der Endbereich des Schaftes des Bolzens (18) im Innengewinde einer Bohrung (19) des Endbereiches der anderen Verlängerung (7) verschraubt ist oder durch diese Bohrung (19) verläuft und durch eine Mutter gesichert ist.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Stapel (9) in der Nähe der Membran (3) angeordnet ist.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Stapel (9) zwischen den Verlängerungen (6, 7) durch eine Einstellschraube (10) gehalten ist, die in dem Innengewinde einer Bohrung (17) einer Verlängerung (7) verschraubt ist.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellschraube (10) gegen eine Andruckscheibe (91) des Stapels (9) drückt.

8. Einrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Andruckscheibe (91) eine Senkung (20) aufweist, in die das komplementär zur Senkung (20) ausgebildete Ende der Einstellschraube (10) eingreift.

9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Senkung (20) eine 90°-Senkung ist.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Stapel (9) als Abnahmewandler (A) zwischen einer ersten Elektrode (91) und einer zweiten Elektrode (94) ein piezoelektrisches Element (92) aufweist und daß der Erregungswandler (E) zwischen der zweiten Elektrode (94) und einer vierten Elektrode (98) zwei piezoelektrische Elemente (95, 97) aufweist, zwischen denen eine dritte Elektrode (96) angeordnet ist.

11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite und vierte Elektrode (94, 98) geerdet sind und daß die erste und dritte Elektrode (93, 96) mit einer Auswerteschaltung (14, 15, 16) verbunden sind.

12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Elemente (92, 95, 97) die Form von Scheiben oder Scheibenringen aus einem piezoelektrischen Material besitzen.

13. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen der aus Metall bestehenden Andruckscheibe (91) und der ersten Elektrode (93) eine aus einem isolierenden Material bestehende Scheibe (90) befindet.

14. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Andruckscheibe aus Stahl besteht.

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Verlängerungen (6, 7) jeweils in einem an die Membran (3) angrenzenden Bereich (6', 7') eine gegenüber dem Rest der Verlängerungen (6, 7) größere Dicke in der Richtung der Längsachse des Stapels (9) aufweisen.

16. Einrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Stapel (9) in einem Bereich (6', 7') größerer Dicke aufliegt.

17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingstäbe (4, 5) jeweils in einem an die Membran (3) angrenzenden Bereich (4', 5') eine gegenüber dem Rest der Schwingstäbe (4, 5) größere Dicke in der Schwingungsrichtung der Schwingstäbe aufweisen.

18. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17,

dadurch gekennzeichnet, daß die Verlängerungen von einem Gehäuse (1) umgeben sind, das mit der Membran (3) verbunden ist.

19. Einrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (3) und die Bereiche (4', 5', 6', 7') einstückig ausgebildet sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

